

Artikel Penelitian (Teknik Elektro)

Kontrol Temperatur Tungku Berbasis *Microcontroller* pada Proses Destilasi Daun *Syzygium Aromaticum* dengan Metode *Fuzzy Logic*

Moh. Alif Fathoni ^{*}, Wahyu Dirgantara, Andrijani Sumarahinsih

Fakultas Teknik, Program Studi Teknik Elektro, Universitas Merdeka Malang, Malang, Indonesia

INFORMASI ARTIKEL

Diterima Redaksi: 28 Juli 2024
Revisi Akhir: 09 Agustus 2024
Diterbitkan Online: 09 Agustus 2024

KATA KUNCI

Daun Cengkeh
Arduino Uno
Thermocouple

KORESPONDENSI (*)

Phone: +62 889-9282-1865
E-mail: alloenfo@gmail.com

A B S T R A K

Daun cengkeh yang jatuh dapat digunakan sebagai minyak atsiri melalui proses penyulingan. Selama ini yang sering kita jumpai proses penyulingan masih menggunakan cara manual. Penelitian ini bertujuan untuk membuat inovasi baru yang akan mengontrol masuknya air secara otomatis dan temperatur tungku. Komponen yang digunakan adalah sensor *Thermocouple* dan sensor LM35 sebagai pembaca suhu, Arduino Uno untuk mikrokontroler, *Driver MOSFET* ke *Water Pump* untuk mengalirkan air, dan *Relay* dan *Servo* untuk mengatur suhu tungku.

PENDAHULUAN

Di dalam negeri Indonesia keanekaragaman tumbuhan penghasil minyak atsiri sangat tinggi [1]. Dikenal sebagai negara yang menghasilkan minyak atsiri dan termasuk sebagai komoditas yang menyumbangkan devisa ke dalam negara. Untuk itu dalam beberapa tahun terakhir minyak atsiri mendapat banyak perhatian dari pemerintah Indonesia. Dalam perkembangannya, 9 jenis telah diproduksi dan hanya 6 yang paling terkenal di dalam negeri, yaitu: pala, nilam, cengkeh dan sereh [2]. Biasanya digunakan sebagai bahan baku kosmetik, parfum, obat-obatan, wewangian (flavor) dan rempah-rempah, dengan beberapa industri seperti industri kosmetik dan parfum menggunakannya untuk membuat odol, sabun, sampo, dan minyak wangi [3]. Industri pangan menggunakannya untuk penambah rasa dan pengharum. Di industri farmasi digunakan untuk anti infeksi, antiseptik, dan analgesik, di industri pengawetan juga berguna sebagai penutup bau yang kurang sedap. Cengkeh (*Syzygium aromaticum*) sebagai salah satu penghasil minyak atsiri dan termasuk sebagai tanaman yang berasal asli dari Maluku, banyak dikembangkan dengan maksud memanfaatkan bagian bunganya.

Selain bagian bunga, daun cengkeh adalah bagian yang dapat dimanfaatkan karena mengandung minyak atsiri [4], [5]. Daun cengkeh yang berguguran dapat dimanfaatkan melewati sebuah proses bernama penyulingan, dimana meliputi sebuah proses bernama kondensasi yang mengkonversi wujud gas menjadi wujud cair. Dimana berbanding terbalik dari proses bernama penguapan, dimana mengkonversi molekul berwujud cairan (air) ke wujud gas (uap air) [6].

Metode ini memiliki prinsip kerja dengan menempatkan cairan (air) dan tumbuhan kedalam bejana atau boiler. mengartikan bahwa unit bagian bawah, air mendidih dengan uap yang mengalirkan minyak atsiri ke kondensor. Menggunakan metode ini memiliki hasil minyak atsiri yang bermutu tinggi, namun proses sulingannya masih dilakukan

secara tradisional dengan mengontrol suhunya secara manual (100°C) selama proses di dalam oven sebagai pemaksimalan hasil cairan. Sehingga tidak membakar bahannya, ia menciptakan air yang bercampur minyak dengan kandungan esensial. Berdasarkan latar belakang maka diambil judul “Kontrol Temperatur Tungku Berbasis Microcontroller Pada Proses Distilasi Daun *Syzygium Aromaticum* Dengan Metode Fuzzy Logic”. Penggunaan metode fuzzy mendukung penalaran aproksimasi, utamanya untuk menghadapi masalah yang memiliki pendefinisian yang sulit menggunakan model matematis, misalnya adalah kemampuan untuk bereaksi berdasarkan informasi kualitatif, tidak tepat dan ambigu, seperti nilai masukan dan parameter yang digunakan, yang tidak linier atau kabur, tidak tetap, sedikit berubah.

TINJAUAN PUSTAKA

Sistem Kontrol

Sistem kontrol membuat sistem menjadi tepat waktu, akurat, dan stabil[14]. Memiliki perancangan dalam penerapan pengontrolan secara otomatis dan perlu ada yang dikontrol dimana biasanya dinamai pengontrol.

Thermocouple

Thermocouple ialah sebuah perangkat pengukur yang memakai tegangan termoelektrik guna mengetahui suhu yang berubah di alat elektronik. dengan memakai 2 konduktor berjenis logam. Memiliki cara kerja dengan melebur kedua ujung pada logam logam (sambungan). lalu melakukan deteksi serapan panas. Setiap kali panas diterima, *thermocouple* menciptakan perbedaan potensial kurang lebih 1V hingga 70V. Sedangkan untuk suhu pengoperasian, ukuran suhu pada *thermocouple* antara -200°C dan 1450°C .

Arduino Software IDE

Arduino Software IDE (Integrated Development Environment) yaitu *software* yang dipakai untuk membuat sistem program pada Arduino. Memiliki fungsi teks editor yang aktif untuk, menghasilkan, mengedit, dan sebagai validasi kode yang ditulis. Selain itu juga memiliki fitur unggah ke papan di Arduino.

Arduino Uno

Arduino Uno yaitu sebuah board yang memakai *microcontroller* ATmega328P. Memiliki penggunaan yang cukup mudah untuk berfungsi yaitu hubungkan USB ke komputer, suplai dari baterai dengan tegangan DC ataupun adaptor AC ke DC. Pin pada Arduino ada total 14 (0-13) Pin (digital) dengan fungsi *input* ataupun *output*. Dengan secara khusus memiliki 6 Pin (3,5,6,9,10,11) yang bisa berfungsi menjadi Pin analog (*output*). Dengan memiliki nilai Pin analog (*output*) antara 0 (0V) dan 255 (5V). Dari total 14 Pin, masing - masing beroperasi pada 5V dengan arus *max.* 40 mA dan mempunyai total 10 pull-up *internal resistor* (20 - 30 KOhm) yang dapat terputus secara default.

Distilasi

Distilasi (penyulingan) ialah sebuah proses yang memisahkan bahan kimia berdasar keadaan penguapan dari bahan - bahan tersebut. Dalam prosesnya, campuran dididihkan hingga menguap dan di dinginkan hingga berbentuk cairan.

Daun Cengkeh

Daun Cengkeh yaitu daun dari tanaman bernama cengkeh. Memiliki warna hijau dan mempunyai kandungan minyak atsiri (seperti bunga dan batangnya) yang bersifat anestetik, antiemetik, antiseptik, stimulan, dan antispasmodik, memiliki aroma yang khas dan disukai banyak orang karenanya. Minyak yang dihasilkan dengan penyulingan dari daun cengkeh bernama minyak cengkeh yang memiliki komponen utama eugenol, sekitar 70-90% ialah cairan bening atau agak kuning, dan jika terpapar sinar matahari warnanya akan berganti menjadi coklat tua yang memiliki bau khas.

Fuzzy Logic

Fuzzy Logic adalah salah satu bentuk logika multi-nilai dengan nilai kebenaran yang bervariasi (bilangan real dari 0 sampai 1). Dengan beberapa jenis, seperti Sugeno, Mamdani dan Tsukamoto. Fuzzy sugeno membuat jenis inferensi Fuzzy dengan aturan di bentuk IF – THEN, dimana output system merupakan persamaan linear (konstanta).

Motor servo

Motor servo ialah sebuah motor (aktuator) yang memiliki *control system loop* (umpan balik) tertutup (servo), dapat disesuaikan (diatur) guna memastikan posisi pada sudut yang ditentukan dari keluaran poros motor. Terdiri dari potensiometer, motor DC, *gearbox*, *sircuit control*. Dengan roda gigi terpasang di poros pada motor DC sehingga laju

torsi pada motor servo meningkat dan melambatkan laju poros, sedang potensiometer, pada saat motor berputar berubah resistansinya dan berfungsi membatasi posisi servo.

Driver MOSFET

MOSFET daya memiliki salah satu sifat kapasitansi yang tinggi antara gerbang dan terminal satu sama lain. Berefek pada pulsa konektor, yang mengawali mengisi kapasitor sampai tegangan pada gerbang menjadi 10V. *Driver MOSFET* memiliki chip dengan berbagai jumlah dari banyak perusahaan. Dengan salah satu perlu terminal daya pada MOSFET untuk di-ground (untuk rangkaian switching sederhana atau 2 MOSFET global terbawah).

Relay

Relay adalah perangkat berdasarkan prinsip elektromagnetik yang menggunakan sumber energi untuk melakukan perpindahan kontaktor dengan posisi *OFF* ke *ON* ataupun sebaliknya memakai catu daya. Gerakan ini dipicu oleh imbas induksi magnetik dari kumparan pada induksi listrik.

Biasanya, keadaan relay dibagi menjadi 2:

1. NC (*Normally Close*), yaitu posisi tertutup (keadaan awal) dikarenakan tidak mendapat arus listrik.
2. NO (*Normally Open*), yaitu posisi terbuka dikarenakan mendapat arus listrik.

Water Pump

Water pump (pompa air) ialah yang berfungsi mengalirkan air dari tempat satu ke lain tempat. Pada dasarnya sama dengan motor DC pada umumnya.

Switch

Switch (Sakelar listrik) ialah perangkat dengan fungsi untuk menghidupkan ataupun mematikan aliran pada listrik. Berasal dari 2 *conductive blade* (kebanyakan logam) dimana arus mengalir ketika 2 *conductive blade* tersambung dan terputus ketika 2 *conductive blade* terpisah yang tersambung ke *external circuit*. Berasal dari dua kondisi "State". Keduanya termasuk status "Tertutup" (*Close* atau aliran listrik tersambung) dan status "Terbuka" (*Open* atau aliran listrik terputus).

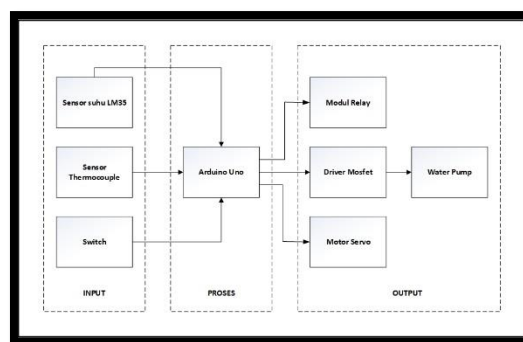
LM35

LM35 ialah alat yang berfungsi mengubah suhu ke listrik dengan berbentuk tegangan. Mempunyai linieritas tinggi, impedansi keluaran rendah, nilai akurasi yang tinggi sehingga dan tidak perlu melakukan penyetelan lanjutan. Memiliki kemampuan sebagai pengukur suhu dengan kisaran - 55° - 150°C bertegangan output -1 VDC ke 6 VDC. [19]

METODE PENELITIAN

Blok Diagram Alat

Diperlukanya diagram blok sebagai sarana penjelasan proses. Tampilan diagram blok di Gambar 1

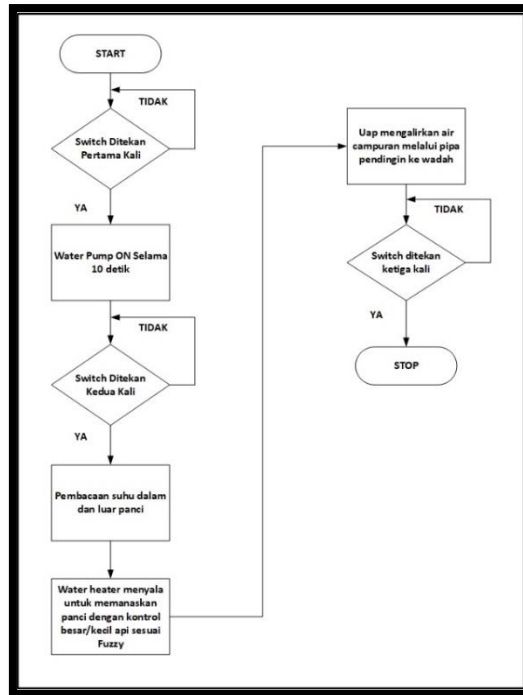


Gambar 1. Blok Diagram

Mendeskripsikan sistem yang meliputi tiga tahap mencakup input, proses dan output. Dengan input mencakup Switch, Thermocouple, dan LM35. Pada proses mencakup Arduino Uno. Sedangkan keluaran mencakup Motor Servo, Driver MOSFET ke WATER PUMP, dan Relay.

Flowchart System

Flowchart system sangat membantu menentukan sistem yang diimplementasikan ke dalam blok diagram. Flowchart system ditampilkan di Gambar 2



Gambar 2 Flowchart system

Flowchart diawali dengan menekan *Switch* pertama kali, sehingga *Microcontroller* Arduino Uno menyala dan mengontrol *WATER PUMP* yang terhubung ke *Driver MOSFET* untuk mengalirkan air kedalam panci dalam waktu 10 detik, setelah itu dengan menekan *Switch* kedua, menghidupkan tungku dan kemudian sensor *Thermocouple*, dan LM35 akan mendeteksi temperatur suhu didalam dan diluar panci sehingga menghasilkan Motor Servo mengontrol tungku supaya temperatur tidak melebihi 100°C sehingga uap yang dihasilkan Distilasi mengalir melalui pipa pendingin dan berakhir ditampung di dalam wadah. Dan akan berhenti dengan menekan *Switch* ketiga kali.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian Motor Servo

Pengujian motor servo dilakukan guna membuktikan motor servo bekerja dengan baik. Motor servo akan dikendalikan ke sudut – sudut tertentu dari *microcontroller* Arduino Uno. Motor servo memiliki 3 Pin, yang mencakup Pin Vcc, Pin Gnd, Pin Data. Pin Vcc pada motor servo disambungkan dengan Pin 5V pada *microcontroller* Arduino Uno, Pin Gnd pada motor servo disambungkan dengan Pin Gnd pada *microcontroller* Arduino Uno, dan Pin Data pada motor servo disambungkan dengan Pin 9 pada *microcontroller* Arduino Uno. Rangkaian pengujian motor servo pada Gambar 3



Gambar 3. Rangkaian Pengujian Motor Servo

Setelah rangkaian pada Gambar 3 di buat, program pengujian dibuat menggunakan *software Arduino IDE*. Daftar program yang dipakai untuk pengujian ditunjukkan di Gambar 4

```
#include <Servo.h>

Servo myservo; // create servo object to control a servo

int potpin = 0; // analog pin used to connect the potentiometer
int val; // variable to read the value from the analog pin

void setup() {
  myservo.attach(9); // attaches the servo on pin 9 to the servo object
}

void loop() {
  myservo.write(0); // sets the servo position according to the scaled value
  delay(1000); // waits for the servo to get there
  myservo.write(90);
  delay(1000);
}
```

Gambar 4. Program Pengujian Motor Servo

Setelah program dibuat dan di unggah hingga berhasil maka hasil pengujian akan dilaksanakan bersama busur derajat sebagai perbandingan dari motor servo.

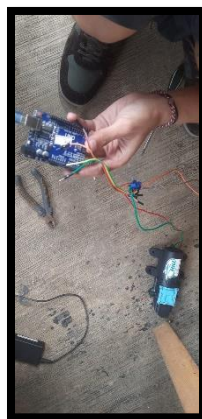
Tabel 1. Pengujian Sudut Motor

No	Sudut Servo (°)	Pembacaan Busur (°)	Error (%)
1	0	0	0
2	30	30	0
3	60	60	0
4	90	90	0
5	120	120	0
6	150	150	0
7	180	180	0
Rata – rata error			0

Hasil pengujian rata-rata *error* dari percobaan yang telah dilakukan, melakukan pengujian 7 kali maka di dapatkan rata-rata dari semua percobaan yang dilakukan adalah 0 %. Hasil pengujian membuktikan bahwa motor servo dapat dengan baik bekerja.

Pengujian Water Pump

Pengujian *water pump* dilaksanakan sebagai bukti dapat bekerja dan dalam kondisi baik. *water pump* akan dinyalakan dengan indikator lampu led di *driver mosfet* dari *microcontroller Arduino Uno*. Pada *driver mosfet* terdapat 4 Pin, yaitu 2 Pin Trig / Pwm, dan 2 Pin Gnd dan 2 input, yaitu Vin +, Vin -, dan 2 output, yaitu, Vout +, Vout -. 1 Pin Trig / Pwm pada *driver mosfet* akan disambungkan dengan Pin 10 pada *microcontroller Arduino Uno*, Pin Gnd pada *driver mosfet* disambungkan dengan Pin Gnd pada *microcontroller Arduino Uno*, Vin + dan Vin - disambungkan dengan + dan - dari *power supply*, Vout + dan Vout - disambungkan dengan + dan - dari *water pump*. Rangkaian pengujian motor servo ditunjukkan di gambar 5 .



Gambar 5. Rangkaian Pengujian WATER PUMP

Setelah rangkaian pada gambar 4.5. di buat, program pengujian dibuat menggunakan *software Arduino IDE*. Daftar program yang dipakai untuk pengujian ditunjukkan di Gambar 6

```
const int pompaair=10;
void setup() {
  pinMode (pompaair,OUTPUT);
}
void loop() {
  digitalWrite (pompaair,1);
  delay (3000);
  digitalWrite (pompaair,0);
  delay (3000);
}
```

Gambar 6. Program Pengujian WATER PUMP

Selepas program dibuat dan di unggah hingga berhasil maka hasil pengujian akan menunjukkan indikator lampu di *driver mosfet* yang mati dan menyala yang tergambar pada Gambar 7 dan Gambar 8.



Gambar 7. WATER PUMP OFF

Gambar 7 Program pengujian dengan indikator lampu led di *driver mosfet* tidak menyala menandakan bahwa *water pump* dalam keadaan mati atau *OFF*.



Gambar 8. WATER PUMP ON

Gambar 8 Program pengujian dengan indikator lampu led di *driver mosfet* menyala menandakan bahwa *water pump* dalam keadaan hidup atau *ON*

Tabel 2. Tabel Logika *Driver MOSFET* dan *WATER PUMP*

Logika Pin 10	Respon <i>Driver MOSFET</i>	<i>WATER PUMP</i>
0	OFF	OFF
1	ON	ON

Seperti di Tabel 2. jika Pin 10 memiliki logika 1 maka lampu led *driver mosfet* akan ON dan *water pump* menyala, dan berlaku sebaliknya. Hasil pengujian membuktikan bahwa *driver mosfet* dan *water pump* dapat dengan baik bekerja.

Pengujian Relay

Pengujian *relay* dilakukan sebagai bukti dapat bekerja dan dalam kondisi baik. *relay* akan dinyalakan dengan indikator lampu led. Pada *relay* terdapat 6 Pin, yaitu Pin Gnd, Pin In1, Pin In2, Pin In3, Pin In4, Pin Vcc. Pin Gnd pada *relay* disambungkan dengan Pin Gnd pada *microcontroller Arduino Uno*, Pin In1 pada *relay* disambungkan dengan Pin 4 pada *microcontroller Arduino Uno*, Pin In2 pada *relay* disambungkan dengan Pin 5 pada *microcontroller Arduino Uno*, Pin In3 pada *relay* disambungkan dengan Pin 6 pada *microcontroller Arduino Uno*, Pin In4 pada *relay* disambungkan dengan Pin 7 pada *microcontroller Arduino Uno*, dan Pin Vcc pada *relay* disambungkan dengan Pin 5v pada *microcontroller Arduino Uno*, . Rangkaian pengujian *relay* ditunjukkan di Gambar 9



Gambar 9. Rangkaian Pengujian Relay

Setelah rangkaian di Gambar 9 di buat, program pengujian dibuat menggunakan *software Arduino IDE*. Daftar program yang dipakai untuk pengujian *relay* di Gambar 10

```
const int relay1=4;
const int relay2=5;
const int relay3=6;
const int relay4=7;
void setup() {
  pinMode (relay1,OUTPUT);
  pinMode (relay2,OUTPUT);
  pinMode (relay3,OUTPUT);
  pinMode (relay4,OUTPUT);
}

void loop() {
  digitalWrite (relay1,0);
  digitalWrite (relay2,0);
  digitalWrite (relay3,0);
  digitalWrite (relay4,0);
  delay(3000);
  digitalWrite (relay1,1);
  digitalWrite (relay2,1);
  digitalWrite (relay3,1);
  digitalWrite (relay4,1);
  delay(3000);
}
```

Gambar 10. Program Pengujian Relay

Setelah program dibuat dan di unggah hingga berhasil maka hasil pengujian akan menunjukkan indikator lampu led di *relay* yang mati dan menyala di Gambar 11 dan Gambar 12.

Gambar 11. *Relay OFF*

Gambar 11 Program pengujian dengan indikator lampu led di *relay* tidak menyala menandakan bahwa *relay* dalam keadaan mati atau *OFF*.

Gambar 12. *Relay ON*

Gambar 12 Program pengujian dengan indikator lampu led di *relay* tidak menyala menandakan bahwa *relay* dalam keadaan mati atau *ON*.

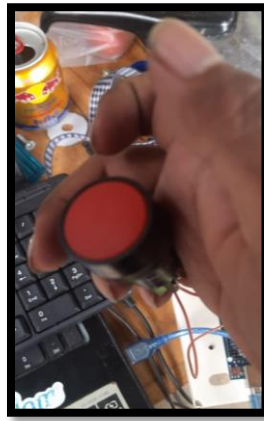
Tabel 3. Tabel Logika *Relay*

Logika Pin 4,5,6,7	Respon <i>Relay</i>
1	ON
0	OFF

Berdasarkan Tabel 3. ketika Pin 4,5,6,7 berlogika 1 maka lampu led *relay ON* dan *relay* menyala, dan ketika berlogika 0 maka lampu led *relay OFF* dan *relay* mati. Hasil pengujian membuktikan bahwa *relay* dapat dengan baik bekerja

4.4 Pengujian Switch.

Pengujian switch dilaksanakan sebagai bukti dapat bekerja dan dalam kondisi baik. switch akan dinyalakan dan memiliki indikator tampilan pada *serial monitor* pada *Arduino IDE*. Pada switch terdapat 2 terminal, 1 terminal dihubungkan dengan 5v pada *microcontroller Arduino Uno*, dan 1 lagi dihubungkan dengan 2 jalur yaitu jalur 1 dimana resistor 10k yang terhubung dengan Gnd *microcontroller Arduino Uno*, dan jalur 2 dimana terhubung dengan Pin 7 *microcontroller Arduino Uno*, Rangkaian pengujian switch di Gambar 13



Gambar 13 Rangkaian Pengujian Switch

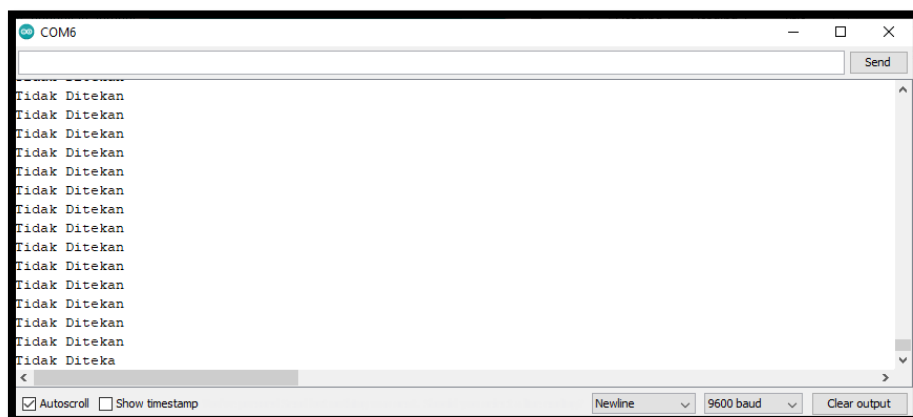
Setelah rangkaian di Gambar 13 di buat, program pengujian dibuat menggunakan *software Arduino IDE*. Daftar program yang dipakai untuk pengujian *switch* di Gambar 14.

```
void setup() {
  pinMode(7, INPUT);
  Serial.begin(9600);
}

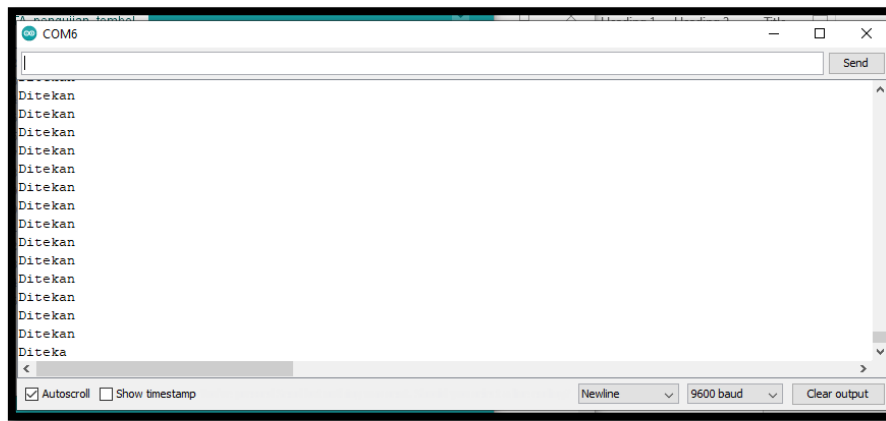
void loop() {
  if (digitalRead(7)==1){
    Serial.println("Ditekan");
  }
  else{
    Serial.println("Tidak Ditekan");
  }
}
```

Gambar 14 Program Pengujian Switch

Setelah program dibuat dan di unggah hingga berhasil maka hasil pengujian akan menunjukkan indikator pada *serial monitor* saat tidak ditekan dan saat ditekan seperti yang ditunjukan di Gambar 15 dan pada Gambar 16.



Gambar 15 Switch Tidak Ditekan



Gambar 16 Switch Ditekan

Hasil pengujian membuktikan bahwa *switch* dapat dengan baik bekerja

Pengujian Thermocouple

Pengujian *Thermocouple* dilaksanakan sebagai bukti dapat bekerja dan dalam kondisi baik. *Thermocouple* akan menunjukkan perbedaan bacaan suhu ($^{\circ}\text{C}$ / Celcius) pada suhu awal dan setelah dipanaskan dari *microcontroller Arduino Uno*. Pada *Thermocouple* yang disambungkan melalui *driver* MAX6675K terdapat 5 Pin, yaitu Pin Gnd, Pin Vcc, Pin Sck, Pin Cs, dan Pin So. Pin Gnd pada *driver* MAX6675K disambungkan dengan Pin Gnd pada *microcontroller Arduino Uno*, Pin Vcc pada *driver* MAX6675K disambungkan dengan Pin 5v pada *microcontroller Arduino Uno*, Pin Sck pada *driver* MAX6675K disambungkan dengan Pin 6 pada *microcontroller Arduino Uno*, Pin Cs pada *driver* MAX6675K disambungkan dengan Pin 5 pada *microcontroller Arduino Uno*, dan Pin So pada *driver* MAX6675K disambungkan dengan Pin 4 pada *microcontroller Arduino Uno*, Rangkaian pengujian *Thermocouple* ditunjukkan di Gambar 17.

Gambar 17 Rangkaian Pengujian *Thermocouple*

Selesai membuat rangkaian seperti di Gambar 17, selanjutnya membuat program pengujian menggunakan *software Arduino IDE*. Daftar program yang dipakai untuk pengujian *thermocouple* ditunjukkan di Gambar 18.

```

#include "max6675.h"

int thermoDO = 4;
int thermoCS = 5;
int thermoCLK = 6;

MAX6675 thermocouple(thermoCLK, thermoCS, thermoDO);

void setup() {
  Serial.begin(9600);

  Serial.println("MAX6675 test");
  // wait for MAX chip to stabilize
  delay(500);
}

void loop() {
  // basic readout test, just print the current temp

  Serial.print("C = ");
  Serial.println(thermocouple.readCelsius());

  // For the MAX6675 to update, you must delay AT LEAST 250ms between reads!
  delay(1000);
}

```

Gambar 18. Program Pengujian *Thermocouple*

Selesai program dibuat juga di unggah hingga berhasil maka hasil pengujian akan dilakukan dengan bantuan *thermometer digital* guna mengetahui pembacaan setelah dipanaskan dengan korek api.

Tabel 4. Perhitungan Perbandingan

No	Suhu <i>Thermocouple</i>	Suhu <i>Thermometer digital</i>	error
1	28°C	28,8°C	2,85%
2	32,25°C	32,3°C	0,15%
3	33,25°C	33,2°C	0,15%
4	35,5°C	35,2°C	0,84%
5	36,75°C	36,9°C	0,40%
6	39,25°C	39,5°C	0,63%
7	41,5°C	40,7°C	4,33%
8	42,5°C	42,4°C	0,70%
9	45,5°C	44,4°C	2,41%
10	47,25°C	47°C	0,52%
11	52,5°C	53,8°C	2,47%
Rata – rata error			1,40%

Perhitungan *error* dari hasil bacaan *thermocouple* dan *thermometer digital* dapat dihitung menggunakan rumus sebagai berikut.

$$\frac{\text{Suhu rata-rata pembacaan } thermocouple - \text{Suhu pembacaan } thermometer \text{ digital}}{\text{Suhu rata-rata pembacaan } thermocouple} \times 100\%$$

Hasil pengujian rata-rata *error* dari percobaan yang telah dilakukan, melakukan pengujian 11 kali maka di dapatkan rata-rata dari semua percobaan yang dilakukan adalah 1,40 %

Hasil pengujian membuktikan bahwa *thermocouple* dapat dengan baik bekerja

Pengujian LM35

Pengujian LM35 dilaksanakan sebagai bukti dapat bekerja dan dalam kondisi baik. LM35 akan menunjukkan bacaan suhu (°C / Celcius) pada suhu ruangan dari *microcontroller Arduino Uno*. Pada LM35 terdapat 3 Pin, yaitu Pin Gnd, Pin Vcc, dan Pin Vout. Pin Gnd pada LM35 disambungkan dengan Pin Gnd pada *microcontroller Arduino Uno*, Pin Vcc pada LM35 disambungkan dengan Pin Vcc pada *microcontroller Arduino Uno*, dan Pin Vout pada LM35 disambungkan dengan Pin analog A1 pada *microcontroller Arduino Uno*. Rangkaian pengujian LM35 disambungkan pada Gambar 19



Gambar 19. Rangkaian Pengujian LM35

Setelah rangkaian di Gambar 19 di buat, program pengujian dibuat menggunakan *software Arduino IDE*. Daftar program yang dipakai untuk pengujian di Gambar 20.

```
const int sensorIrm=A1;
float nilaiadc;
float suhuluar;

void setup() {
    Serial.begin(9600);
}

void loop() {
    nilaiadc=analogRead (sensorIrm);
    suhuluar=nilaiadc*5/1023*1000/10;
    Serial.println(suhuluar);
    delay(1000);
}
```

Gambar 20 Program Pengujian LM35

Setelah program dibuat dan di unggah hingga berhasil maka hasil pengujian akan dilakukan dengan bantuan *thermometer digital* guna mengetahui pembacaan setelah dipanaskan dengan korek api.

Tabel 5. Perhitungan Perbandingan

No	Suhu LM35	Suhu <i>Thermometer digital</i>	<i>error</i>
1	27°C	27,2°C	0,74%
2	30,25°C	30,3°C	0,16%
3	33,25°C	33,5°C	0,75%
4	36°C	36,4°C	1,11%
5	39,25°C	39,5°C	0,64%
6	41,75°C	41,1°C	1,55%
7	45,25°C	45,6°C	0,77%
8	47,25°C	47,8°C	1,16%
9	49,25°C	49,7°C	1,31%
10	51,5°C	51,3°C	0,38%
Rata – rata <i>error</i>			0,85%

Perhitungan *error* dari hasil bacaan LM35 dan *thermometer digital* dapat dihitung menggunakan rumus sebagai berikut.

$$\frac{\text{Suhu rata-rata pembacaan LM35} - \text{Suhu pembacaan thermometer digital}}{\text{Suhu rata-rata pembacaan LM35}} \times 100\%$$

Hasil pengujian rata-rata *error* dari percobaan yang telah dilakukan, melakukan pengujian 10 kali maka di dapatkan rata-rata dari semua percobaan yang dilakukan adalah 0,85 %.

Hasil pengujian membuktikan bahwa LM35 dapat dengan baik bekerja.

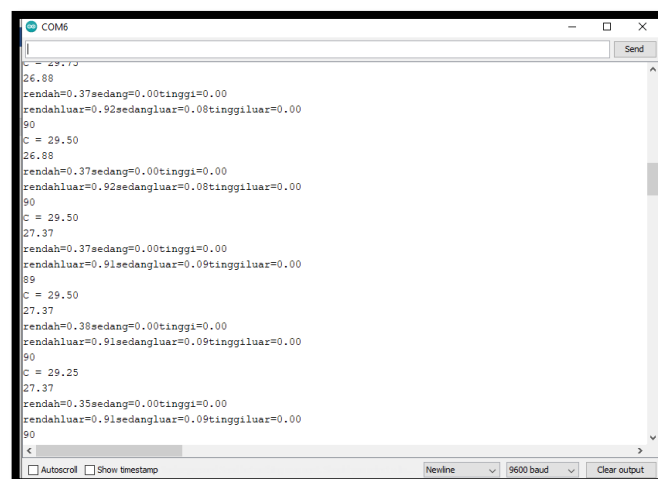
Pengujian Keseluruhan

Pada pengujian keseluruhan ini adalah penggabungan dari semua komponen yang telah diuji dimana dimana pengujian keseluruhan alat akan bekerja sesuai dengan perintah *microcontroller*. Rangkaian keseluruhan alat ditunjukkan di Gambar 21.



Gambar 21. Rangkaian Keseluruhan Alat

Pada Gambar 21 merupakan rancangan penggabungan semua komponen dimana 5v dan Gnd pada *Arduino Uno* disambungkan ke *connector* dengan 2 jalur yang berbeda untuk memudahkan perangkaian, 2 terminal pada *switch*, 1 terminal disambungkan dengan 5v pada 5v pada *connector*, dan 1 lagi disambungkan dengan 2 jalur yaitu jalur 1 dimana resistor 10k yang terhubung dengan Gnd pada *connector*, dan jalur 2 dimana terhubung dengan Pin 7 *microcontroller Arduino Uno*. Motor servo yang sudah dirangkai dengan tungku dimana Pin Vcc pada motor servo disambungkan dengan 5v pada *connector*, Pin Gnd pada motor servo disambungkan dengan Gnd pada *connector*, dan Pin Data pada motor servo disambungkan dengan Pin 9 pada *microcontroller Arduino Uno*. 1 Pin Trig / Pwm pada *driver mosfet* akan disambungkan dengan Pin 10 pada *microcontroller Arduino Uno*, Pin Gnd pada *driver mosfet* disambungkan dengan Gnd pada *connector*, Vin + dan Vin - disambungkan dengan + dan - dari *power supply*, Vout + dan Vout - disambungkan dengan + dan - dari *water pump*. Relay yang sudah disambungkan dengan tungku dimana Pin Gnd pada *relay* disambungkan dengan Gnd pada *connector*, Pin In1 pada relay disambungkan dengan Pin 3 pada *microcontroller Arduino Uno*, Pin In2, Pin In3, dan Pin In4 tidak dipakai dan Pin Vcc pada *relay* disambungkan dengan 5v *connector*. Pada *Thermocouple* yang disambungkan melalui *driver MAX6675K* dimana Pin Gnd pada *driver MAX6675K* disambungkan dengan Gnd pada *connector*, Pin Vcc pada *driver MAX6675K* disambungkan dengan 5v *connector*, Pin Sck pada *driver MAX6675K* disambungkan dengan Pin 6 pada *microcontroller Arduino Uno*, Pin Cs pada *driver MAX6675K* disambungkan dengan Pin 5 pada *microcontroller Arduino Uno*, dan Pin So pada *driver MAX6675K* disambungkan dengan Pin 4 pada *microcontroller Arduino Uno*. Pin Gnd pada LM35 disambungkan dengan Gnd pada *connector*, Pin Vcc pada LM35 disambungkan dengan Vcc pada *connector*, dan Pin Vout pada LM35 disambungkan dengan Pin analog A1 pada *microcontroller Arduino Uno* Selanjutnya unggah program pada *Arduino Uno* untuk menjalankan alat seperti di Gambar 22.



Gambar 22 Tampilan *Serial Monitor* Deteksi Awal atau Suhu Ruangan

Pada Gambar 22 merupakan tampilan hasil *running* pada alat metode *microcontroller fuzzy logic*, dimana akan mendeteksi pada suhu dengan fungsi keanggotaan memberikan persamaan sebagai berikut:

Temperatur Suhu Thermocouple

Tabel 6. Parameter Suhu *Thermocouple*

Intensitas	Temperatur Suhu
Rendah	[0 10 20 35] °C
Sedang	[30 50 70] °C
Tinggi	[65 80 90 100] °C

Temperatur Suhu LM35

Tabel 7 Parameter Suhu LM35

Intensitas	Temperatur Suhu
Rendahluar	[0 25 50] °C
Sedangluar	[25 50 75] °C
Tinggiluar	[50 75 100 100] °C

Sudut Motor Servo

Tabel 8 Sudut Motor Servo

Intensitas	Sudut Motor Servo
Kecil	0°
Medium	45°
Besar	90°

Dengan rumus rendah:

1. Jika input suhu > 0°C atau input suhu < 10°C maka kategori rendah bernilai
$$\frac{\text{input suhu} - 10^\circ\text{C}}{10^\circ\text{C} - 0^\circ\text{C}}$$
2. Input suhu > 10°C atau input suhu < 20°C maka kategori rendah bernilai 1
3. Jika input suhu > 20°C atau input suhu < 35°C maka kategori rendah bernilai
$$\frac{35^\circ\text{C} - \text{input suhu}}{35^\circ\text{C} - 20^\circ\text{C}}$$
4. Jika Input suhu > 35°C maka kategori rendah bernilai 0

Dengan rumus sedang:

1. Input suhu < 30°C maka kategori sedang bernilai 0
2. Jika input suhu > 70°C maka kategori sedang bernilai 0
3. Jika input suhu > 30°C atau input suhu < 50°C maka kategori sedang bernilai
$$\frac{\text{input suhu} - 30^\circ\text{C}}{50^\circ\text{C} - 30^\circ\text{C}}$$
4. Jika input suhu > 50°C atau input suhu < 70°C maka kategori sedang bernilai
$$\frac{70^\circ\text{C} - \text{input suhu}}{70^\circ\text{C} - 50^\circ\text{C}}$$

Dengan rumus tinggi:

1. Input suhu < 65°C maka kategori tinggi bernilai 0
2. Jika input suhu > 65°C dan input suhu < 80°C maka kategori tinggi bernilai
$$\frac{\text{input suhu} - 65^\circ\text{C}}{80^\circ\text{C} - 75^\circ\text{C}}$$

3. Jika input suhu > 80°C dan input suhu < 90°C maka kategori tinggi bernilai 1
4. Jika input suhu > 90°C dan input suhu < 100°C maka kategori tinggi bernilai
$$\frac{100^{\circ}\text{C} - \text{input suhu}}{100^{\circ}\text{C} - 90^{\circ}\text{C}}$$

Dengan rumus rendahluar:

1. Jika input suhuluar < 0°C maka kategori rendah bernilai 0
2. Jika Input suhuluar > 0°C atau input suhuluar < 25°C maka kategori rendah bernilai
$$\frac{\text{input suhuluar} - 0^{\circ}\text{C}}{25^{\circ}\text{C} - 0^{\circ}\text{C}}$$
3. Jika input suhuluar > 25°C atau input suhuluar < 50°C maka kategori rendah bernilai
$$\frac{50^{\circ}\text{C} - \text{input suhuluar}}{50^{\circ}\text{C} - 25^{\circ}\text{C}}$$
4. Jika Input suhuluar > 50°C maka kategori rendah bernilai 0

Dengan rumus sedangluar:

1. Input suhuluar < 25°C maka kategori sedang bernilai 0
2. Jika input suhuluar > 50°C maka kategori sedang bernilai 0
3. Jika input suhuluar > 25°C atau input suhuluar < 50°C maka kategori sedang bernilai
$$\frac{\text{input suhuluar} - 25^{\circ}\text{C}}{50^{\circ}\text{C} - 25^{\circ}\text{C}}$$
4. Jika input suhuluar > 50°C atau input suhuluar < 75°C maka kategori sedang bernilai
$$\frac{75^{\circ}\text{C} - \text{input suhuluar}}{75^{\circ}\text{C} - 50^{\circ}\text{C}}$$

Dengan rumus tinggiluar:

1. Input suhuluar < 50°C maka kategori tinggi bernilai 0
2. Jika input suhuluar > 50°C dan input suhuluar < 75°C maka kategori tinggi bernilai
$$\frac{\text{input suhuluar} - 50^{\circ}\text{C}}{75^{\circ}\text{C} - 50^{\circ}\text{C}}$$
3. Jika input suhuluar > 75°C dan input suhuluar < 100°C maka kategori tinggi bernilai 1
4. Jika input suhuluar > 100°C dan input suhuluar < 100°C maka kategori tinggi bernilai
$$\frac{100^{\circ}\text{C} - \text{input suhuluar}}{100^{\circ}\text{C} - 100^{\circ}\text{C}}$$

Output fuzzy

Dengan rumus sudut servo:

rule1 = rendah,rendahluar
 rule2 = sedang,sedangluar
 rule3 = tinggi,tinggiluar
 rule4 = rendah,sedangluar
 rule5 = sedang,rendahluar
 rule6 = sedang,tinggiluar
 rule7 = tinggi,sedangluar
 rule8 = rendah,tinggiluar
 rule9 = tinggi,rendahluar

$$\frac{(\text{rule1} \times \text{besar}) + (\text{rule2} \times \text{medium}) + (\text{rule3} \times \text{kecil}) + (\text{rule4} \times \text{besar}) + (\text{rule5} \times \text{besar}) + (\text{rule6} \times \text{kecil}) + (\text{rule7} \times \text{kecil}) + (\text{rule8} \times \text{medium}) + (\text{rule9} \times \text{medium})}{(\text{rule1} + \text{rule2} + \text{rule3} + \text{rule4} + \text{rule5} + \text{rule6} + \text{rule7} + \text{rule8} + \text{rule9})}$$

dimana *Thermocouple* akan mendeteksi suhu dalam panci dan LM35 akan mendeteksi suhu luar ruangan dan membuat sudut pada motor servo berpindah sesuai dengan fungsi keanggotaan pada *fuzzy logic* yang digunakan.



Gambar 22. Pengaliran Air

Gambar 22 menunjukkan air yang dialirkan ke panci kosong yang terbuka selama 10 detik melalui *water pump* setelah *switch* ditekan untuk pertama kalinya, selanjutnya dapat dilakukan pengisian daun *syzygium aromaticum* sesuai kapasitas sebelum menutup panci dengan rapat. Dengan demikian dapat dilakukan penekanan pada *switch* untuk kedua kalinya sehingga *microcontroller Arduino Uno* akan mengontrol *relay* dan akan menghidupkan tungku seperti di Gambar 23.



Gambar 23. Tungku Menyala

Setelah tungku menyala seperti gambar 23. dan memanaskan air di dalam panci, sudut pada motor servo berpindah sesuai dengan fungsi keanggotaan pada *fuzzy logic* yang digunakan, selanjutnya melakukan pengujian keseluruhan *system* dengan melakukan pengujian dengan 10 kali perpindahan servo selama 3 kali percobaan.

Tabel 9. Pengujian Keseluruhan 1

No.	Suhu	Suhuluar	Derajat Servo	Matlab	Error %
1	75,75°C	30,79°C	34°	34,3°	0,88%
2	59,5°C	41,06°C	64°	63,3°	0,46%
3	33°C	35,68°C	78°	78,1°	0,12%
4	33,5°C	42,52°C	75°	75,7°	0,93%
5	34°C	41,54°C	73°	73,1°	0,13%
6	35°C	36,66°C	67°	67,5°	0,74%
7	37,75°C	46,92°C	55°	55,9°	1,63%
8	38,5°C	39,1°C	67°	67,5°	0,74%
9	39,5°C	42,52°C	62°	62,4°	0,64%
10	41°C	39,59°C	63°	63,4°	0,63%
Rata – Rata Error					0,69%

Tabel 10. Pengujian Keseluruhan 2

No.	Suhu	Suhuluar	Derajat Servo	Matlab	Error %
1	75,5°C	31,28°C	33°	32,1°	2,72%
2	75,5°C	30,79°C	34°	34,1°	0,29%
3	75,75°C	32,75°C	31°	31,4°	1,29%
4	76,25°C	38,61°C	21°	21°	0%
5	76°C	37,63°C	22°	22,8°	3,63%
6	78,5°C	33,63°C	30°	29,8°	0,66%

7	79,5°C	36,7°C	24°	24,4°	1,66%
8	80°C	32,1°C	32°	32,5°	1,56%
9	78,25°C	31,1°C	35°	34,3°	1,62%
10	76,25°C	29,8°C	36°	36°	0%
Rata – Rata <i>Error</i>					1,34%

Tabel 11. Pengujian Keseluruhan 3

No.	Suhu	Suhuluar	Derajat Servo	Matlab	Error %
1	53,25°C	41,06°C	61°	61,1°	0,16%
2	52,75°C	40,08°C	62°	62,9°	1,45%
3	51°C	43,99°C	55°	55,8°	1,45%
4	50,25°C	44,97°C	54°	54,1°	0,18%
5	49,25°C	45,94°C	52°	52,3°	0,57%
6	48,5°C	43,01°C	57°	57,6°	1,05%
7	47,5°C	39,59°C	63°	63,7°	1,11%
8	45°C	41,06°C	61°	61,1°	0,16%
9	43,25°C	42,03°C	59°	59,6°	1,01%
10	39,5°C	42,52°C	62°	62,4°	0,64%
Rata – Rata <i>Error</i>					0,77%

Tabel 12. Total Akuransi

No	Rata – Rata <i>Error</i>	Akuransi
1	0,69%	99,31%
2	1,34%	98,66%
3	0,77%	99,23%
Rata – Rata Akuransi		99,06%

Untuk tercapainya tujuan, pengujian diukur dengan perbandingan dan tingkat akurasi. Hasil *Error* dapat dihitung menggunakan persamaan sebagai berikut.

$$\frac{\text{Derajat perbandingan (Matlab)} - \text{Derajat servo}}{\text{Derajat servo}} \times 100\%$$

Dan akuransi didapatkan dari penjumlahan dari *Error* yang didapatkan. Akurasi data dapat dihitung menggunakan persamaan sebagai berikut.

$$100\% - \text{Rata} - \text{Rata } Error$$

Hasil pengujian akurasi rata-rata dari percobaan yang telah dilakukan, melakukan pengujian keseluruhan *system* dengan melakukan pengujian dengan 10 kali perpindahan servo selama 3 kali percobaan maka di dapatkan akurasi rata-rata dari semua percobaan yang dilakukan adalah 99,06% dengan *error* 0,94%.

KESIMPULAN DAN SARAN

Sedikit banyak dapat ditarik kesimpulan dari analisis dan pengujian yang dilakukan: *System* menunjukkan tingkat akurasi rata-rata 99,06% dengan *error* rata-rata 0,94%. Menunjukkan bahwa *system* mampu mengontrol sudut motor servo dengan presisi tinggi berdasarkan input suhu dari sensor *Thermocouple* dan sensor LM35. Penerapan *fuzzy logic* terbukti efektif dalam menerapkan aturan kontrol yang fleksibel dan adaptif terhadap perubahan suhu. *System* mampu mengklasifikasikan suhu menjadi tiga kategori dan memberikan respon yang sesuai untuk motor servo. *System* berhasil mencapai tujuan, yaitu mengontrol suhu di dalam panci dan sudut motor servo secara otomatis berdasarkan input suhu.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Udrika Lailatul Qodri. 2020. Analisis Kuantitatif Minyak Atsiri Dari Serai (*Cymbopogon sp*) Sebagai Aromaterapi Quantitative Analysis Of Essential Oil From Lemongrass (*Cymbopogon sp*) As Aromaterapy. *Jurnal Farmasi Tinctura*. Vol 1, No 2, Hal: 64-70.
- [2] Gina Siti Fadillah. 2019. Mikroenkapsulasi Miinyak Kayu Putih (Cajuput Oil) Dengan Metode Koaservasi Dengan Menggunakan Penyalut Gelatin dan Gom Arab. *Skripsi*. Program Studi Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Islam Indonesia Yogyakarta.
- [3] Diyar Risman Dika. 2020. Perancangan Alat Penyulingan Minyak Nilam Kondensor dan Separator. Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Mercu Buana, Jakarta. *Jurnal Teknik Mesin*: Vol. 09, No. 1, Edisi Februari, Hal. 15-23.
- [4] Rosita Mangesa, Irsan. 2020. Pemanfaatan Daun Cengkeh (*Syzygium aromaticum L.*) Dalam Proses Pembuatan Virgin Coconut Oil (VCO). *Jurnal Biology Science & Education BIOLOGI SEL*. Edisi Juli – Desember, Vol 9, No 2, Hal: 184 – 190.
- [5] Dwi Isyana Achmad, Danie Indra Yama, Alban Naufal, dkk. 2022. Pelatihan Peningkatan Kualitas Produk Berbasis Cengkeh di Pulau Kabung Kabupaten Bengkayang Kalimantan Barat. *Jurnal Pengabdian*. Edisi April, Volume 5, Nomor 1, Halaman 85-92.
- [6] Dimas Rangga Prasetya. 2019. Pengaruh Suhu Kondensor Terhadap Produksi Minyak Cengkeh Dengan Aliran Rotary. *Skripsi*. Program Studi Teknik Mesin. Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Nasional Malang.
- [7] Agung Marhamsyah. 2017. Rancang Bangun Sistem Pengendalian Suhu Pada Tangki Reaktor *Plant Fluidized Bed Reactor*. *Tugas Akhir*. Prodi D3 Teknik Instrumentasi, Departemen Teknik Instrumentasi, Fakultas Vokasi, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.
- [8] Dewi Permata Sari, Evelina, Sabilal Rasyad, Amperawan, Selamat Muslimin. 2018. Kendali Suhu Air Dengan Sensor Thermocouple Tipe K Pada Simulator Sistem Pengisian Botol Otomatis. *Jurnal Ampere*. Edisi Juni, Volume 3 No 1, Hal. 128-134.
- [9] Virna Umro Audiana, Muhammad Rifa'I, Fathoni. 2020. Rancang Bnagun Kontrol Suhu Pada Tungku Pemanas Mesin Distilasi Minyak Atsiri Daun Nilam Menggunakan PLS S7 – 1200 Dan HMI. *Jurnal Elkolind*. Edisi Mei, Vol.07, No. 1, Hal 29-35.
- [10] Sitti Amalia, Rafika Andari, Rudhi Syukriansya. 2020. Studi Pemodelan Sistem Pengontrolan Suhu Ruangan Berbasis Logika Fuzzy Sugeno. *Jurnal Sains dan Teknologi*. Edisi Desember, Vol. 20, No.2, Hal 175-180.
- [11] Rut Irine VR, Ananda Aisyah A, Astrie Kusuma Dewi. 2021. Prototipe Pengendalian Temperatur Ruangan Dengan Metode Logika Fuzzy. *SNTEM*. Edisi November, Volume 1, Hal. 1158-1166.
- [12] Muhammad Akhsan Akib, Munir, Hasnaeni, Syamsah Latif. 2020. Disiminasi Teknologi Penyulingan Minyak Daun Cengkeh Di Desa Curio Kabupaten Enrekang. MONSU'ANI TANO, *Jurnal Pengabdian Masyarakat*. Edisi Oktober, Vol. 3, No. 2, Hal. 61-67.
- [13] Fidel C. A. Tendeng, Ireine A. Longdong, Dedie Tooy. 2021. Uji Teknis Alat Pembuatan minyak Daun Cengkeh Untuk Industri Kecil. *COCOS*. Edisi Agustus, Vol. 6, No. 6, Hal. 1-8.
- [14] Alimuddin. 2020. *Teori dan Aplikasi Dasar Sistem Kendali Cerdas*. Cetakan Pertama: November. ISBN 978-602-5587-88-7. Untirta Press. Serang.
- [15] Anak Agung Gde Ekayana. 2020. Implementasi dan Analisis Data Logger Sensor *Temperature* Menggunakan Web Server Berbasis Embedded. *Jurnal Pendidikan Teknologi dan Kejuruan*. Januari, Vol. 17, No. 1, Hal. 64-74.
- [16] Afrizal Matondang. 2022. Rancang Bangun Sensor *Thermocouple Type K* Untuk Alat Pengukur Suhu Tungku *Heat Treatment*. *Tugas Akhir*. Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, Medan.
- [17] Riza Arif Pratama, Indra Permana. 2021. Simulasi Permodelan Menggunakan Sensor Suhu Berbasis Arduino. *Edu Elektri Journal*. Edisi Januari-Juli, Vol. 10 No. 1, Hal. 7-12.
- [18] Keerthana Nithyakumar, Preetha Sridharan, Reshma Ramesh, S.Aarthi. 2019. Crime Detection and Prevention Using Fuzzy Control Logic. *International Journal of Computer Science and Engineering (SSRG - IJCSE)* - Special Issue NCTCT Mar ISSN: 2348 – 8387 www.internationaljournalssrg.org Page 30-34. Accessed on 14 January 2023.
- [19] Cahya Delila. 2020. Implementasi Metode PI Untuk Pengaturan Suhu Pada Proses Pengeringan Kelopak Bunga Rosella. *JURNAL ELKOLIND*, VOL.07, NO. 3, Hal 10.